飯田氏へ IV

電総研　近藤　淳

（1980年8月2日受理）

飯田氏と永いおつきあいの私でも最近になって始めて知った事実もあり，議論がかなり簡単に行えることが判ってきた。そこで二つの電子ガス系の熱平衡状態を通常の熱力学の原理を用いて（TE原理ではなく）議論するという問題に集中しよう。今までの経緯を知らない方でも判るように配慮して書くつもりです。

C_2という電子系が中心におかれ，完全弾性反射の壁の容器にいれられている。C_1はこれをリング状にとりまく電子ガスで，やはり完全弾性反射の壁の容器にはいっている。C_1には電流（その電流密度$j_1(r)$）が流れていてC_2の位置に磁場を作っているとする。C_1+C_2が孤立系であるとして，その熱平衡状態は何かという問題を考える。答は明白であって$j_1(r)=j_2(r)=0$の状態である。（$j_2(r)$はC_2に流れる電流密度）はじめにj_1を流しておいても熱平衡になれば減衰して$j_1=0$になることに何の疑いもないではないか。ところが飯田氏はj_1は減衰せず，あまつさえC_2がマイスナ効果を示すといわれる。

まず飯田氏の証明をみてみよう。飯田氏は電流密度分布$j(r)=(j_1(r), j_2(r))$をパラメータとし，この系の内部エネルギーを次のように書かれた。

$$U=U_{kT}(S, j(r))+U_{kD}(j(r))+U_m(j(r)) \tag{1}$$

U_kは電子の運動エネルギーで，局所的に電子系の重心運動と相対運動とにわけ，前者のエネルギーがU_{kD}（D：drift），後者がU_{kT}（T：thermal）である。jの作る磁場のエネルギーがU_mである。これらは$j(r)$の汎関数である。さて孤立系であるから$U=$一定 にして，Sを最大にする$j(r)$は何かという問題をとけばよい。
それは

$$\delta(U_{kD}+U_m)^{\delta j}=0 \tag{2}$$

となる。(物性研究33巻224頁の(1)から(10)まで)

つまり$j(r)$を変分して$U_{kD}+U_m$を極小にするのが求める$j(r)$だということである。ここまでは誠にもっともである。ところがこの変分を行うのに，飯田氏は$j_1(r)$を一定として$j_2(r)$のみ変分を行っておられる。そうすればマイスナ状態が生じることはたしかだが，j_1を一定とする理由は全く判らない。C_1もC_2も共に電子ガスであるから熱揺動はどちらにも起る。従ってj_1についても，j_2についても変分しなければならない。そうすれば$j_1=j_2=0$が答えとなる。

このようにj_1を一定とすることが飯田理論の根本的誤りであることは，個人的に議論をはじめた最初から申し上げているがどうしてもご理解頂けなかった。j_1=一定　がいかに成立たないかを次にご説明して，飯田氏のもう一ぺんのご考慮をお願いしたい。

二つのことがいえる。

A．　j_2に熱揺動が起ったとき，電磁誘導によってC_1に沿って起電力が生じ，ためにj_1は変化せざるを得ない。

B．　j_1自身が熱揺動を起す。

Aは明白であろう。Bについて説明する。C_1の壁において電子が弾性反射されると，電子の壁に平行な運動量成分は保存されることはたしかである。しかし我々はC_1中の微小体積を考えており，その所の電流密度$j_1(r)$の熱揺動を問題にしている。その体積から電子はたえず出て行き，またはいりこんでいる。それらの電子が持去り運び込む運動量が変動しないはずはない。すべての電子が同一の運動量をもつわけではなく，また微小体積中の電子の数も変動する。ともかくj_2に熱揺動が起るのにj_1には起らないというのが理解出来ない。j_2は磁場中におかれているというかもしれないが，C_1の内部にだって$j_1(r)$によって磁場は生じているのだから同じである。しかしもっと大切なのは制動輻射である。電子が壁やお互と衝突する際には制動輻射が出て電子の運動量を持去るから$j_1(r)$は変化する。この輻射はまた他の電子と相互作用してこれに運動量を与える。この結果C_1の左側の電子の運動量が右側に運ばれたりする。つまりそういったC_1を熱平衡にもたらすメカニズムが必ず働くのである。結論として，飯田氏はC_1とC_2共に電子ガスと考え，熱力学の手法を用いてマイスナー効果の生じることを証明されたが，その証明は$j_1(r)$=一定　という仮定に基いており，この仮定は成立たないから飯田氏の証明も成立たない。

こういう事情をご存じなのかどうか知らないが，飯田氏はC_1として現実の超電導体をもってくるということを時々いわれる。しかし「古典電子ガスはマイスナ効果を示す」という定理を証明するのに量子系の力をかりることがどうしても必要なのでしょうか。それに超電導体を

用いればBの問題はたしかになくなるが，Aの問題は残るのです。私の輪のモデルもBの問題をなくすために提案したのですが，Aによってマイスナ効果は起らないのです。

飯田理論とはこのようなものです。これで納得された方は以下をよまれる必要はない。以下はさ細なことです。飯田氏はU_{kT}がSのみでなく$j(r)$にも依存することがマイスナ効果を導くのに本質的なのだといわれ，私がそれを無視したことを口を極めて非難されましたが，これは感違いです。そのことは本文にのべたのですが，まだお判りになっていないようなので，くどくなりますが少しのべます。もしU_{kT}が$j(r)$に依存することが重要なら，$j(r)$に依存しないときにはマイスナ効果は出ないようになっていなければならない。ところがそうなっていないのです。このことを順をおって説明します。

私が$\delta U_{\mathrm{kT}}=T\delta S$が誤っているのならその理由をのべてほしいといったのは，勿論U_{kT}がSのみでなく$j(r)$にも依存するならそれは何故かその理由をのべてほしいという意味です。それは勿論，Sとjの両方に依存するような項がどのようにして生じるのか説明してほしいという意味です。　$U_{\mathrm{kT}}=U_1(S)+U_2(j)+U_3(S,j)$　としましょう。U_2は$U_{\mathrm{m}}+U_{\mathrm{kD}}$に含ませればよいから不要です。$U_3$は　$\partial^2U_3/\partial S\partial j\neq 0$　であるような項です。ですから私の質問は，U_3がどうして出てくるかという意味なのです。しかし飯田氏は理由は明白だからといってお答えにならなかった。それで，降参ですねといって答を引出そうとしたのですが，結局「一般にSとjに依存するのだ」というお答えしか得られませんでした。しかし飯田氏は，一般にU_{kT}がSとjとに依存する場合について議論を展開され，マイスナ効果を証明されました（上に述べたj_1＝一定のやり方で）。だから具体にU_3がどんなものであるかを示されなくてもいいように思えます。しかしこれは全くおかしな話ではありませんか。(1)から(2)に到達する間にU_3の形について，又大きさについて，符号について，それがどんなでなくてはならないかの記述が全くないのです。（物性研究33巻224～226頁）。つまりどんな関数でもよいのです。ということは0でもいいのです！　つまり飯田氏はU_{kT}がSにしか依存しない場合でもマイスナ効果が生じることを証明しておられるのです。そうするとおかしなことになります。飯田氏によるマイスナ状態に向う際のエントロピー変化には2項ある。（33巻（22））。一つは電子のランダムな運動が揃うためのものでこれは負である。もう一つはU_3が存在するために生じる項でこのために全変化は正になってよい。私はこの項を無視したから熱力学の初歩を知らないということになります。ところが飯田理論ではU_3を0にしてもマイスナ状態に向うのですから，この時はエントロピーは減小してしまいます。これはj_1＝一定から生じた困難です。しかしもうしばらく飯田氏におつきあいしてみましょう。

救う道は一つしかありません。(1)から(2)に到達するのにU_3がある程度大きくなければ(2)に

到達出来ないということを示し，現実に我々の系でそのようなU_3が存在することを示すことです。私がやった限りでは，U_3を省略すると一足とびに(2)に到達してしまいます。唯一の逃げ道は，理論の inconsistency には目をつぶり，ともかく現実にU_3が存在するのだからエントロピーは減小していないと主張することです。そのためにはU_3の存在を証明し，それが十分の大きさ，正しい符号をもっていることを示さなくてはなりません。飯田氏のように一般にはU_3は存在する筈だからといって安心しているわけにはいきません。しかし飯田氏はU_3の存在を証明されなかった。私はU_3を0と仮定した。あっても非常に高次から出てくる小さい項だと思う。しかしともかく仮定です。一方飯田氏はU_3の存在を仮定された。これも全くの仮定ですから全くの水かけ論です。ところが飯田氏は一方的に私が誤っていると極めつけられた。それならU_3としてどんな項があるのですかとご質問したのですが遂にお答え頂けなかったというのが結末です。